

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan mengenai penerapan model hibrida CEEMDAN-LSTM dalam memprediksi harga komoditas pangan strategis hortikultura, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil menerapkan model hibrida *Complete Ensemble Empirical Mode Decomposition with Adaptive Noise* (CEEMDAN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) untuk memprediksi harga empat komoditas pangan strategis hortikultura di Indonesia, yaitu bawang merah, bawang putih, cabai merah, dan cabai rawit. Melalui proses dekomposisi CEEMDAN, data harga setiap komoditas berhasil diuraikan menjadi sejumlah komponen *Intrinsic Mode Function* (IMF) dan satu komponen residual sesuai karakteristik masing-masing deret waktu. Selanjutnya, setiap komponen diprediksi secara independen menggunakan model LSTM, kemudian direkonstruksi untuk menghasilkan prediksi harga akhir. Selain itu, model juga berhasil digunakan untuk melakukan *forecasting* harga selama 14 hari ke depan menggunakan metode *recursive prediction* yang dilengkapi *prediction interval* 95% sebagai gambaran tingkat ketidakpastian hasil prediksi.
2. Model CEEMDAN-LSTM menunjukkan kinerja prediksi yang sangat baik berdasarkan metrik MAE, RMSE, MAPE, dan R^2 pada seluruh komoditas. Nilai MAPE yang berada di bawah 1% menunjukkan tingkat kesalahan prediksi yang sangat rendah, sedangkan nilai R^2 di atas 0,99 menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan lebih dari 99% variasi data harga aktual. Selain itu, nilai MAE dan RMSE yang relatif rendah mengindikasikan bahwa rata-rata kesalahan prediksi model berada pada tingkat yang kecil dibandingkan skala harga masing-masing komoditas. Dibandingkan dengan model LSTM standar, pendekatan hibrida CEEMDAN-LSTM secara konsisten menghasilkan penurunan nilai MAE, RMSE, dan MAPE pada seluruh komoditas, dengan penurunan MAE berkisar antara 7,28% hingga 48,37%, penurunan RMSE berkisar antara 19,37% hingga 52,02%, serta penurunan MAPE berkisar antara 4,17% hingga 47,83%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses dekomposisi CEEMDAN mampu menyederhanakan karakteristik data sehingga pola pada setiap komponen lebih mudah dipelajari oleh LSTM. Temuan ini juga didukung oleh hasil uji BDS yang menunjukkan bahwa seluruh data harga komoditas bersifat nonlinier, sehingga penggunaan model hibrida CEEMDAN-LSTM menjadi relevan untuk memprediksi harga komoditas pangan strategis hortikultura di Indonesia.

5.2. Saran

Berdasarkan keterbatasan dan temuan dalam penelitian ini, berikut adalah beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya:

1. Penelitian ini hanya menggunakan data historis harga (univariat). Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan data eksternal seperti curah hujan atau kondisi cuaca sebagai variabel tambahan yang secara teoretis memengaruhi fluktuasi harga pangan strategis.
2. Mengingat literatur menyebutkan adanya potensi metode dekomposisi lain seperti *Variational Mode Decomposition* (VMD) yang lebih unggul dalam beberapa kasus,

penelitian selanjutnya dapat membandingkan efektivitas CEEMDAN dengan VMD untuk data hortikultura di Indonesia.

3. Menguji arsitektur LSTM yang lebih kompleks seperti *Bidirectional LSTM* (BiLSTM), *Attention-based LSTM*, atau kombinasi dengan *Convolutional Neural Network* untuk meningkatkan kemampuan model dalam menangkap pola temporal yang lebih kompleks, serta mengeksplorasi metode optimasi *hyperparameter* secara otomatis seperti *Grid Search*, *Random Search*, *Bayesian Optimization*, atau *Genetic Algorithm*.
4. Mengembangkan sistem prediksi harga secara *real-time* yang terintegrasi dengan data harga harian dari PIHPS Nasional sebagai hasil luaran tambahan, dengan perancangan sistem yang memperhatikan *user experience* agar dapat diakses dengan mudah oleh masyarakat sebagai sumber informasi harga pangan yang informatif.